Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 1, Mar.-Apr. 2024, p. 153-164

Comparison of the Effect of Adding *Spirulina platensis* Powder on Sensory, Physical, Protein and Iron Properties of Three Different Industrial Products of Bread, Cake and Layered Sweets

Y. Moradi[1], M. Ghaeni[2], H. Hadaegh[3]

1- Associate Professor, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: ymorady@yahoo.com)
2- Associate Professor, Department of Aqucalture, Marine Science College, Ministry of Higher Education and Inovation, Oman
3- Ph.D Graduated, Department of Food Sciene and Technology, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azda Unvesity, Tehran, Iran

Received: 17.01.2023
Revised: 30.04.2023
Accepted: 04.05.203
Available Online: 06.05.2023

How to cite this article:
Moradi, Y., Ghaeni, M., & Hadaegh, H. (2024). Comparison of the effect of adding *Spirulina platensis* powder on sensory, physical, protein and iron properties of three different industrial products of bread, cake and layered sweets. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *20*(1), 153-164. (In Persian with English abstract).
https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.80461.1232

Introduction

Seaweeds contain a high amount of protein, essential amino acids, vitamins, minerals, unsaturated fatty acids such as arachidonic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), natural pigments, macro and micro nutrient compounds. Microalgae Spirulina (*Spirulina platensis*) is a species with high nutritional value. About 60% to 70% of the dry weight (*Spirulina platensis*) is protein, which has all the essential amino acids. This is a cyanobacterial microalga that is cultivated all over the world and used as a supplement in the human diet in the form of tablets, powder and cookies, bread, salad and soup**.** Several studies have been conducted in the field of investigating the effect of microalgae addition in food products. The purpose of the current research was to investigate the effect of this microalgae powder on sensory, physical, protein and iron properties of three different products of bulk bread, cake and layered sweets with different formulations**.**

Materials and Methods

Spirulina microalgae dry powder in 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1% and 1.25% was added to the formula of three products: bulk bread, layered pastry, and cake. From each product, a sample without microalgae powder was also prepared and considered as a control. The treatments were evaluated in terms of sensory, color, texture, protein and iron content. Sensory evaluation was carried out by 30 panelists using 7 hedonic points to evaluate the color, flavor, texture, smell and overall acceptance. The color of the surface of the samples was done with a Minolta Chroma Meter (CR-300 Minolta Japan). The results calculated based on L* (whiteness/darkness), a*(redness/greenness) and b*(blueness/yellowness). Hardness of samples was measured with Texture Analyzer TA-XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, England) and P/0.5 cylindrical probe (12.5 mm diameter) with 30 kg load cell. Protein of the samples was measured by Kjeldahl method and the amount of iron was measured according to the standard method of AOAC 999.11. All analyses were performed in three repetitions and one-way ANOVA and Tukey's test were used to compare the means.

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.80461.1232

Results and Discussion

The results showed that the behavior of spirulina microalgae in changing the characteristics of the three products is different, and this difference is especially significant in sensory characteristics. The addition of spirulina microalgae increased the amount of protein and iron in different treatments. This increase for protein in bread, cake and sweets was about 1, 0.6 and 1.2 percent, respectively. Also, the amount of iron in treatments containing microalgae in bread, cake, and layered sweets was 4, 5, and 3 mg/kg, respectively. Spirulina microalgae is basically known as an aquatic plant with high protein and iron. The microalgae used in this research contained a high amount of protein (67.97%) and 29.5 mg/100 grams of iron, so adding this microalga to the samples increased the amount of protein and iron. Sensory evaluation of the samples showed that all three products had an acceptable acceptance score. However, in comparison among the three products of bread, cake and layered sweets, bread had a lower score than the other two products. The instrumental analysis of L*, a*, b* color indices showed that the increase of spirulina caused green color in the treatments and this color change is more significant in the bread sample. Also, the results of texture analysis showed that the addition of spirulina reduces the hardness of samples containing spirulina. It can be concluded that spirulina microalgae can be used to improve texture, color, and also increase the amount of protein and iron in products.

Keywords: Bread, Cake, Cereals, Microalgae, Spirulina, Sweets

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۳، ص. ۱۶۴-۱۵۳

مقایسه تأثیر افزودن پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (***Spirulina platensis***) روی خواص حسی، فیزیکی، پروتئین و آهن سه فرآورده مختلف صنعتی نان، کیک و شیرینی لایه‌ای

یزدان مرادی[1]*- منصوره قائنی[2]- حاله حدائق[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۴

چکیده

ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*Spirulina platensis*) یک گونه‌ی گیاهی دریائی با ارزش غذائی بالا است که به‌صورت‌های مختلف از قبیل پودر، قرص و همچنین بمنظور غنی‌سازی سایر محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از اجرای پژوهش حاضر بررسی تأثیر پودر این ریزجلبک روی خواص حسی، فیزیکی و تغذیه‌ای سه فرآورده مختلف بر پایه غلات بوده است. بدین منظور پودر خشک ریزجلبک اسپیرولینا با مقادیر ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱و ۱/۲۵ درصد به فرمول سه فرآورده نان حجیم، شیرینی لایه‌ای و کیک اضافه گردید. از هر محصول یک نمونه بدون پودر ریز جلبک نیز بعنوان شاهد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که رفتار ریزجلبک اسپیرولینا در ایجاد تغییر در ویژگی‌های سه محصول متفاوت است و این تفاوت بخصوص در ویژگی‌های حسی قابل توجه‌تر است. نتایج نشان داد که افزودن ریزجلبک اسپیرولینا موجب افزایش مقدار پروتئین و آهن در تیمارهای مختلف گردید. این افزایش برای پروتئین در نان، کیک و شیرینی به‌ترتیب حدود ۱، ۰/۶ و ۱/۲ درصد بوده است. همچنین افزایش مقدار آهن تیمارهای حاوی ریز جلبک در نان، کیک و شیرینی لایه‌ای به‌ترتیب ۴، ۵ و ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. ریزجلبک اسپیرولینا اساسا" بعنوان یک گیاه آبزی با پروتئین و آهن بالا شناخته شده است. ریزجلبک مورد استفاده در این پژوهش حاوی مقدار بالای پروتئین (۶۷/۹۷ درصد) و ۲۹/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آهن بوده است، بنابراین افزودن این جلبک به نمونه‌ها موجب افزایش مقدار پروتئن و آهن گردید. آنالیز ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که هرسه محصول از امتیاز پذیرش قابل قبول برخوردار بودند. اما در مقایسه در بین سه محصول نان، کیک و شیرینی لایه‌ای، نان در مجموع از امتیاز کمتری برخوردار بود. آنالیز دستگاهی شاخص‌های L^*,a^*,b^* رنگ نشان داد که افزایش اسپیرولینا موجب ایجاد رنگ سبز در تیمارها گردید و این تغییر رنگ در نمونه نان قابل توجه‌تر است. همچنین نتایج آنالیز دستگاهی بافت نشان داد که افزودن اسپیرولینا موجب کاهش سختی و نرم‌تر شدن بافت تیمارهای حاوی پودر ریزجلبک می‌گردد. درمجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از ریزجلبک اسپیرولینا می‌توان به‌عنوان بهبود دهنده بافت، رنگ و همچنین افزایش مقدار پروتئین و آهن در محصولات استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسپیرولینا، ریز جلبک، شیرینی لایه‌ای، کیک، نان

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ymorady@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه آبزی‌پروری، دانشکده علوم دریایی وزارت آموزش عالی و نوآوری عمان
۳- دانش‌آموخته دکتری صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.80461.1232

مقدمه

جلبک‌های دریایی حاوی مقدار بالائی پروتئین، اسیدهای‌آمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای‌چرب غیراشباع مانند آراشیدونیک اسید، ایکوساپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوساهگزائینوئیک اسید (DHA) رنگ‌های طبیعی و خوراکی (Batista *et al.*, 2010) و ترکیبات مغذی ماکرو و میکرو هستند (Hoseini *et al.*, 2013). این ریزجلبک و مشتقات آن می‌تواند به بسیاری از غذاها افزوده شود (Beheshripur *et al.*, 2102). حدود ۶۰٪ تا ۷۰٪ وزن خشک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*Spirulina platensis*) پروتئین است که همه اسیدهای آمینه ضروری را دارد. هرچند مقادیر متیونین، سیستئین و لیزین آن در مقایسه با پروتئین گوشت، تخم مرغ و شیر کمتر است با این حال نسبت به پروتئین‌های گیاهی معمول مانند حبوبات برتر است (Ciferri & Tiboni, 1985). این ریزجلبک سیانوباکتری است که در سراسر جهان کشت می‌شود و به‌عنوان مکمل در رژیم غذایی انسان بصورت قرص، پودر (Belay, 2002) و کلوچه، نان، سالاد و سوپ استفاده می‌شود. مطالعات متعددی در زمینه بررسی تأثیر افزودن ریزجلبک در محصولات غذائی انجام شده است. افزودن گونه‌های *کلرلا* و *سنه دسموس* به ترکیب نان زنجبیلی، کیک شکلاتی و کلوچه طعم جلبک که مشابه طعم اسفناج و یا چای سبز است در غذاهای فوق غلبه پیدا کرد و رنگ غذا را تغییر داد (Powell *et al.*, 2011). میتوان از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* برای غنی‌سازی پروتئین محصولات نانوایی استفاده کرد، بدون آن که تغییر قابل ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود (Danesi *et al.*, 2010). غنی سازی پاستا با مقادیر متفاوت از ریزجلبک *کلرلا ولگاریس* و *اسپیرولینا ماکسیما* موجب بهبود شاخص‌های کیفی نمونه‌های غنی‌شده در مقایسه با نمونه‌ی شاهد شد و رنگ پاستای حاوی ریزجلبک پس از پخت نسبتا پایدار باقی ماند. بعلاوه پاستاهای ریزجلبک‌دار نسبت به نمونه شاهد در ارزیابی حسی امتیاز پذیرش بالاتری داشتند (Fradique *et al.*, 2010). همچنین در پژوهش دیگری افزودن پودر جلبک *Wakame* باعث بهبود قابل توجه پروتئین و چربی پاستا شد (Prabhasankar & Kadam, 2010). صالحی فر و همکاران (Salehi far *et al.*, 2013) کاربرد ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* با درصدهای ۰/۵، ۱و ۱/۵ را در تولید کلوچه صنعتی بررسی کردند و آنها گزارش دادند که افزودن ریزجلبک اسپرولینا فاقد اثر منفی روی ارزیابی حسی محصول بوده اما افزایش مقدار آهن و پروتئین را موجب شده است (Salehi far *et al.*, 2013). اگرچه مصرف ریزجلبک‌ها در برخی از کشورها معمول و روبه گسترش است اما مصرف آنها در کشور در حال حاضر ناچیز و به قرص‌های جلبک که در داروخانه‌ها عرضه می گردد محدود شده است. بنابراین تولید محصولات مختلف غذائی برای توسعه مصرف این مواد غذائی با ارزش امری ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی امکان تولید محصولات با ارزش غذائی بالاتر با استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا انجام شده است.

مواد و روش‌ها

پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*

پودر ریزجلبک اسپیرولینا از شرکت ریزجلبک سینا قشم تهیه گردید. برخی از ترکیبات غذائی این جلبک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- فرمول درصد ترکیبات شیمیایی جلبک اسپیرولینا

Table 1- Cemical composition of S*pirulina platensis*

مواد مغذی Nutrition	Amount
پروتئین کل Total protein	67.92 (g/100g)
چربی کل Total fat	3.63 (g/100g)
رطوبت Moisture	4.01 (g/100g)
خاکستر Ash	6.67(g/a00g)
کلرفیل Chlorophyll	1.44 (g/100g)
آهن Iron	29.5 (mg/100g)

تولید محصول تحقیقاتی

نمونه‌های تحقیقاتی شامل نان حجیم، کیک و شیرینی لایه‌ای در یک شرکت نان صنعتی با روش استاندارد تولید گردید که ترکیب مواد تشکیل دهنده آنها در جدول ۲ نشان داده شده است. پنج تیمار به‌ترتیب با افزودن (A) ۰/۲۵، (B) ۰/۵، (C) ۰/ ۷۵، (D) ۱ و (E) ۱/۲۵ درصد از پودر ریزجلبک اسپیرولینا به مواد تشکیل دهنده هر یک از محصولات تهیه شد. تیمار بدون ریزجلبک (۰٪) نیز بعنوان شاهد در نظر گرفته شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی و قابلیت پذیرش محصولات تحقیقاتی توسط ۳۰ نفر انجام شد. از ارزیابان خواسته شده ضمن تست کردن نمونه‌ها امتیاز خود را در فاکتورهای رنگ، طعم، بافت، بو و پذیرش کلی از ۱ تا ۷ در فرم

ارزیابی حسی درج نمایند. امتیازهای داده شده توسط ارزیاب‌ها برای تیمارهای مختلف آنالیز و تجزیه تحلیل شد.

جدول ۲- ترکیب فرمولاسیون سه محصول مختلف

Table 2- Ingerints composition of three different products

شیرینی لایه‌ای **Layerd sweets**	کیک **Cake**	نان **Bread**
آردگندم Wheat flour	آردگندم Wheat flour	آرد گندم Wheat flour
شکر Sugar	شکر Sugar	نمک Salt
روغن Oil	روغن Oil	شکر Sugar
خمیرمایه Lavening	طعم دهنده Flavouring	خمیر مایه Leavening
روغن Oil	بیکینگ پودر Baking powder	روغن Oil
مارگارین Margarin		مارگارین Margarin
طعم دهنده Flavouring		

آنالیز رنگ

رنگ سطح نمونه‌ها با دستگاه (-Minolta Chroma Meter (CR 300) Minolta Japan) انجام شد و نتایج براساس L*(whiteness/darkness), a*(redness/greenness) و b*(blueness/yellowness) محاسبه گردید.

آنالیز بافت

فاکتور سختی (Hardness) نمونه‌ها با دستگاه Texture Analyzer TA-XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, England) و پروب استوانه‌ای (P/0.5 (12.5 mm diameter با load cell 30 kg اندازه‌گیری شد (Salheifar *et al.*, 2013).

تعیین مقدار پروتئین

مقدار پروتئین نمونه‌ها از روش کجلدال تعیین گردید (AOAC, 2002).

تعیین مقدار آهن

مقدار آهن بر اساس روش استاندارد AOAC 999.11 اندازه‌گیری شد. ۵ گرم از هر نمونه آسیاب شده به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت تا خشک شد. یک گرم از نمونه های خشک شده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل شد و سپس میزان جذب مربوط به محلول بلانک و محلول‌های استاندارد توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل Thermo 5-M Solaar- Scientific) قرائت گردید. با استفاده از داده‌های دستگاه، منحنی استاندارد رسم و معادله خط آن تعیین گردید و نهایتا میزان آهن موجود نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (AOAC 999.11, 2006).

آنالیز آماری

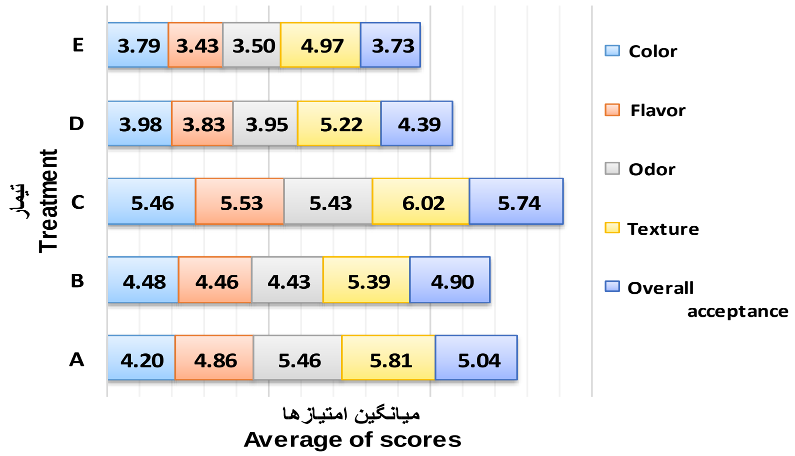
آنالیز آماری با نرم‌افزار (Minitab 16) انجام شد. مقدار $P<0.05$، و مقایسه میانگین‌ها از One-way ANOVA انجام و از تست توکی برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. کلیه آنالیزها در سه تکرار انجام گردید.

نتایج

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف نان، کیک و شیرینی لایه ای به‌ترتیب در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بجز امتیاز دو شاخص طعم و بو که در تیمار ۱/۲۵ درصد اسپیرولینا در محصول نان که به‌ترتیب ۳/۴۳ و ۳/۵۰ بود امتیاز مابقی تیمارها در هر سه محصول بالاتر از ۳/۵ بوده است. در مقایسه بین تیمارها، تیمار حاوی ۰/۷۵ درصد ریزجلبک، در هرسه محصول نان، شیرنی و کیک از امتیاز بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. مقایسه ارزیابی حسی بین سه محصول نان، کیک و شیرینی نشان داد که تیمارهای کیک و شیرینی لایه‌ای نسبت به نان از پذیرش بالاتری برخوردار هستند.

امتیاز بالاتر کیک و شیرینی نسبت به نان می‌تواند بدلیل وجود برخی طعم دهنده‌ها در این دو محصول باشد که بو و طعم خاص ریزجلبک را تحت‌الشعاع قرار داده است (جدول ۲). افزودن اسپیرولینا با درصدهای ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ به محصولات باعث ایجاد رنگ سبز شده است. بیشترین امتیاز پذیرش مربوط به تیمار ۰/۷۵ در هر سه محصول بوده است. صالحی فر و همکاران (Salehi far *et al.*, 2013) بررسی امکان کلوچه صنعتی را با افزودن مقدار ۰/۵، ۱و ۱/۵ درصد اسپیرولینا در فرمول کلوچه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تیمارهای ۱ و ۱/۵ درصد پس از شاهد بیشترین امتیاز را بخود اختصاص دادداند (Salehi far *et al.*, 2013). اختلاف پژوهش حاضر با پژوهش آنها از نظر بیشترین امتیاز درصد افزودن ریزجلبک می‌تواند به ترکیب مواد تشکیل دهنده محصولات مورد بررسی باشد.

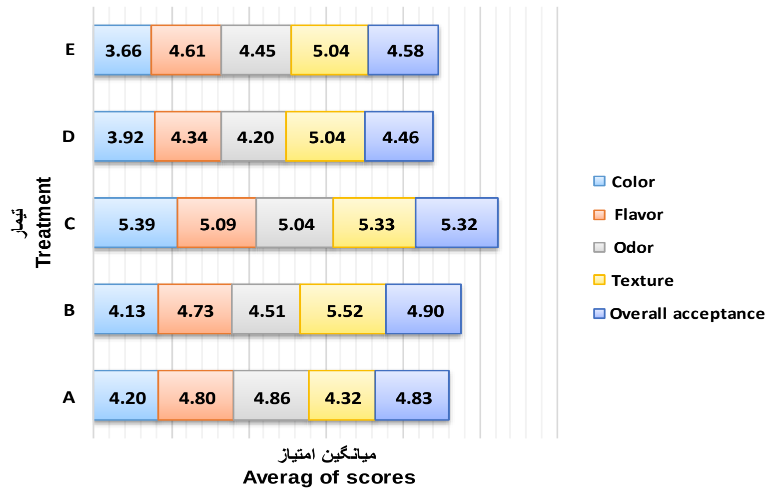


شکل ۱- نمایش میانگین امتیازات ارزیابی حسی نمونه‌های نان

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

Fig. 1. Showing the average score of sensory evaluation of bread samples

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

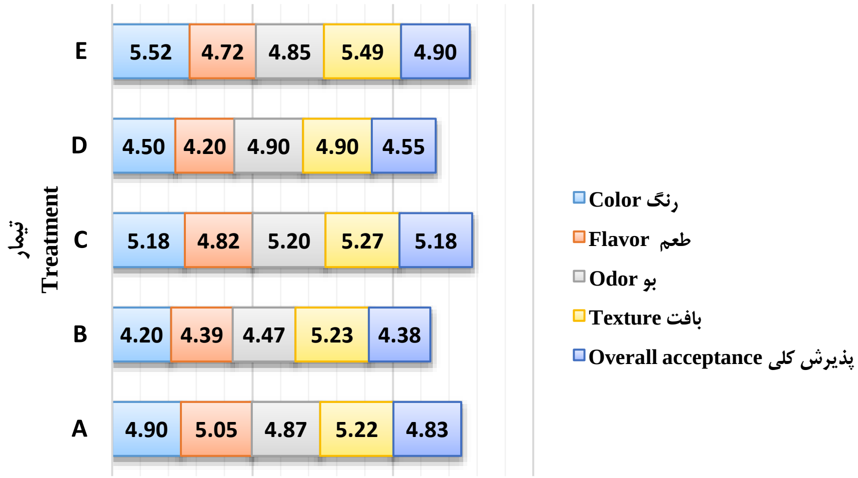


شکل ۲- نمایش میانگین امتیازت ارزیابی حسی نمونه‌های کیک

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

Fig. 2. Showing the average score of sensory evaluation of cake samples

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)



شکل ۳- نمایش میانگین امتیازت ارزیابی حسی نمونه‌های شیرینی لایه‌ای
(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)
Fig. 3. Showing the average score of sensory evaluation of layered cookeis samples
(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

پروتئین

مقدار پروتئین در تیمارهای مختلف نمونه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه مقدار پروتئین تیمارهای شاهد سه محصول نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای شاهد سه محصول وجود دارد. مقدار پروتئین شاهد در نان، کیک و شیرینی به‌ترتیب ۹/۲، ۴/۹ و ۶/۶ درصد است. نتایج نشان می‌دهد که افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به فرمول تشکیل دهنده سه محصول باعث افزایش مقدار پروتئین در همه تیمارها شده است. اما این افزایش در همه تیمارها معنی‌دار نبوده است. افزودن اسپیرولینا به مقدار ۰/۷۵، ۱ و ۱،۲۵ درصد باعث افزایش معنی دار پروتئین در محصول نان و کیک شده است حال آنکه در محصول شیرینی لایه‌ای علاوه بر مقادیر (۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ درصد)، ۰/۵ درصد اسپیرولینا نیز در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار را نشان داده است. در تیمار (E) که حاوی بیشترین درصد اسپیرولینا (۱/۲۵ درصد) بوده است مقدار پروتئین به‌ترتیب در نان، کیک و شیرینی حدود ۱، ۰/۶ و ۱/۲ درصد افزایش یافته است. نتیجه مشابهی در پروژه تحقیقاتی تولید کلوچه صنعتی با استفاده ار ریزجلبک اسپیرولینا مشاهده شد که در اثر افزودن ۰،۵، ۱، ۱،۵٪ اسپیرولینا به فرمول کلوچه مقدار پروتئین به‌ترتیب ۰/۳، ۱ و ۱/۵ درصد افزایش یافته است (Salehifar *et al*., 2013). همچنین گزارش شده است که می‌توان به‌منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانوایی از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* استفاده کرد، بدون آن که تغییر قابل ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود (Danesi *et al*., 2010).

مستولی‌زاده و همکاران (Moatolizadeh *et al*., 2017) در پژوهش بررسی تأثیر افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به فرمول پاستا گزارش کردند که تیمارهای حاوی اسپیرولینا در مقایسه با شاهد مقدار پروتئین بیشتری داشته‌اند (Moatolizadeh *et al*., 2017).

آهن

تغییرات مقدار آهن در نمونه‌های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. مقدار آهن موجود در نمونه‌های شاهد سه محصول نان، کیک و شیرینی به‌ترتیب ۲/۵، ۴/۹ و ۶/۶ میلی‌گرم برکیلوگرم بوده است که اختلاف معنی‌دار بین آنها وجو دارد. مقدار آهن در هر سه محصول با افزودن ریزجلبک اسپیرولینا افزایش یافت. اما افزایش در تمام تیمارها معنی‌دار نبوده است. افزایش معنی‌دار مقدار آهن در محصول نان و شیرینی در هر سه تیمار ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ درصد اتفاق افتاد اما در محصول کیک اختلاف معنی‌دار صرفا در دو تیمار ۱ و ۱/۲۵ درصد مشاهده شد ($P<0.05$). بیشترین افزایش مقدار آهن در تیمار (E) که حاوی بیشترین مقدار اسپیرولینا (۱/۲۵ درصد) بود اتفاق افتاد این افزایش در نان، کیک و شیرینی لایه‌ای به‌ترتیب ۴، ۵ و ۳ میلی‌گرم درکیلوگرم بود. افزایش آهن در نمونه‌های حاوی اسپیرولینا به دلیل مقدار بالای آهن (۲۹/۵ میلی‌گرم میلی در ۱۰۰ گرم) در این ریزجلبک بوده است. افزایش معنی‌دار مقدار آهن در کلوچه‌های حاوی ریزجلبک اسپیرولینا مشاهده شد (Salehifar *et.al*., 2013). در پژوهش دیگری گزارش شده است که با استفاده از جلبک دریائی

انتروموفرا کمپرسا توانستند مقدار آهن، کلسیم و پروتئین را در اسنک افزایش دهند (Mamatha *et al*., 2007). همچنین مستولی‌زاده و همکاران (Moatolizadeh *et al*., 2017) گزارش کردند که افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به مقادیر ۰٫۵، ۰٫۷۵ و ۱ درصد به فرمول پاستا در مقایسه با شاهد توانست به‌ترتیب ۷، ۱۰ و ۱۷ میلی‌گرم در صد گرم مقدار آهن تیمارهای حاوی اسپیرولینا را افزایش دهد (Moatolizadeh *et al*., 2017).

جدول ۳- تأثیر اسپیرولینا روی مقدار پروتئین نمونه‌ها

Table 3- Effects of *Spirulina platensis* on protein content of the samples (%)

نمونه Sample	شاهد Control	A	B	C	D	E
نان Bread	9.22±1.22^{Aa}	9.40±0.40^{Aa}	9.45±1.45^{Aa}	9.80±0.80^{Ab}	9.70±0.70^{Ab}	10.10±1.10^{Ac}
کیک Cake	4.90±1.02^{Ba}	5.40±0.10^{Ba}	5.45±1.05^{Ba}	6.40±0.90^{Bb}	5.35±1.70^{Bb}	5.55±1.15^{Bb}
شیرینی لایه‌ای Layerd sweets	6.62±0.20^{Ca}	6.40±0.70^{Ca}	7.35±1.56^{Cb}	8.50±0.55^{Cb}	8.70±2.35^{Cc}	8.08±2.10^{Cd}

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

حروف انگلیسی کوچک مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ردیف می‌باشد ($P<0.05$)

حروف انگلیسی بزرگ مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ستون می‌باشد ($P<0.05$)

Mean under the same column bearing different Lowercase letters are different significantly ($p < 0.05$).

Mean under the same row bearing different capital letters are different significantly ($p < 0.05$).

جدول ٤- تأثیر اسپیرولینا روی مقدار آهن نمونه‌ها (میلی‌گرم در ۱۰۰ کیلوگرم)

Table 4- Effects of *Spirulina platensis* on Iron content of the samples (mg/kg)

نمونه Sample	شاهد Control	A	B	C	D	E
نان Bread	2.50±0.05^{Aa}	3.01±0.22^{Aa}	5.00±0.55^{Ab}	6.60±0.65^{Ac}	5.01±0.50^{Ab}	6.70±0.85^{Ac}
کیک Cake	4.90±0.65^{Ba}	5.20±0.87^{Ba}	5.00±1.22^{Ba}	5.10±0.85^{Ba}	6.70±0.65^{Bb}	9.10±1.35^{Bc}
شیرینی لایه‌ای Layerd Sweets	6.60±1.55^{Ca}	6.90±1.76^{Ca}	10.50±1.75^{Cb}	9.73±1.85^{Cb}	9.11±1.90^{Cb}	9.90±1.55^{Cc}

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

حروف انگلیسی کوچک مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ردیف می‌باشد ($P<0.05$)

حروف انگلیسی بزرگ مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ستون می‌باشد ($P<0.05$)

Mean under the same column bearing different Lowercase letters are different significantly ($p < 0.05$).

Mean under the same row bearing different capital letters are different significantly ($p < 0.05$).



شیرینی لایه‌ای
Layered sweets

کیک
Cake

نان
Bread

شکل ٤- نمونه‌های نان، کیک، شیرینی لایه‌ای

Fig. 4. Samples of bread, Cake, Layered sweets

تغییرات رنگ

ویژگی‌های رنگ براساس شاخص‌های روشنی L* (Lightness) قرمزی a* (Redness) و سبزی b* (Greenness) در سطح تیمارهای مختلف برای هر یک از محصولات (نان، کیک و شیرینی لایه‌ای) تعیین شد. تغییرات ظاهری رنگ هر سه محصول نان، کیک و شیرینی لایه‌ای در شکل ۴ و تغییرات شاخص‌های L* (a*) , (b*) در تیمارهای مختلف به‌ترتیب در جدول‌های ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است.

همان‌طوری‌که در جدول ۵ قابل مشاهده است شاخص روشنی (L*) در نمونه شاهد نان، کیک و شیرینی به‌ترتیب ۵۶/۹۳، ۴۳/۹۳ و ۳۹/۸۳ بوده است با افزایش پودر ریزجلبک اسپیرولینا مقدار روشنی در هر سه محصول کاهش یافته است. همزمان با کاهش مقدار روشنی مقدار عددی دو شاخص دیگر a* (جدول ۶) و b*(جدول ۷) نیز کاهش یافته است. کاهش شاخص روشنی L* (Lightness) قرمزی a* (Redness) و سبزی b* (Greenness) نشان‌دهنده کاهش روشنی و ایجاد رنگ سبز در نمونه‌های شاهد در اثر افزایش ریزجلبک اسپیرولینا است.

بررسی رنگ توسط دستگاه هانتر لب بر مبنای L*,a*,b* نشان‌دهنده این مطلب است که با افزایش اسپیرولینا رنگ سطح محصولات سبز شده است. بروز رنگ سبزی در تیمارها با افزایش مقدار اسپیرولینا بطور معنی‌داری $P<0.05$ افزایش می‌یابد. این تغییر رنگ در مقایسه با شاهد در نمونه نان قابل توجه‌تر است. این اختلاف در نان با دو محصول دیگر بدلیل برخی ترکیبات طعم‌دهنده و خاص است که در این دو محصول اضافه شده است اما در نان وجود ندارد.

جدول ۵- تأثیر اسپیرولینا شاخص (L*) رنگ نمونه‌ها

Table 5- Effect of spirulina index (L*) of the samples

	نان Bread	کیک Cake	شیرینی لایه‌ای Layerd Sweets
شاهد Control	56.93 ±0.94^{Ac}	43.93 ±1.30^{Ab}	39.83 ±1.20^{Aa}
A	50.86±2.17^{Bc}	43.67±3.93^{Ab}	40.67±2.83^{Aa}
B	47.55±0.73^{Cc}	38.12±2.86^{Bb}	37.12±1.86^{Ba}
C	46.13±1.37^{Dc}	34.60±1.00^{Cb}	32.50±1.00^{Ca}
D	45.82±2.42^{Db}	33.75±1.62^{Ca}	33.62±1.32^{Ca}
E	44.42±2.46^{Eb}	33.75±0.67^{Da}	33.80±0.67^{Da}

(A: 0.25%, B:0.05%, C:0.75%, C: 1%, E:1.25%)

حروف انگلیسی کوچک مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ردیف می‌باشد ($P<0.05$)

حروف انگلیسی بزرگ مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ستون می‌باشد ($P<0.05$)

Mean under the same column bearing different Lowercase letters are different significantly ($p < 0.05$).
Mean under the same row bearing different capital letters are different significantly ($p < 0.05$).

جدول ٦- تأثیر اسپیرولینا شاخص (a*) رنگ نمونه‌ها

Table 6- Effect of spirulina index (a*) of the samples

	نان Bread	کیک Cake	شیرینی لایه‌ای Layerd Sweets
شاهد Control	10.70 ±0.52^{Ab}	2.60 ±0.80^{Aa}	2.60 ±0.80^{Aa}
A	9.82±0.72A^{Bb}	2.40±1.81^{Aa}	1.61±1.40^{Aa}
B	8.75±0.40^{Cb}	2.22±0.87^{Ba}	1.22±0.87^{Ba}
C	7.24±1.48^{Dc}	2.73±0.35^{Bb}	1.73±0.25^{Aa}
D	5.77±1.84^{Eb}	1.40±0.85^{Ca}	1.40±0.89^{Ba}
E	4.40±0.96^{Fc}	1.80±0.70^{Da}	1.40±0.80^{Ca}

حروف انگلیسی کوچک مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ردیف می‌باشد ($P<0.05$)

حروف انگلیسی بزرگ مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ستون می‌باشد ($P<0.05$)

Mean under the same column bearing different Lowercase letters are different significantly ($p < 0.05$).
Mean under the same row bearing different capital letters are different significantly ($p < 0.05$).

جدول ۷- تأثیر اسپیرولینا شاخص (b*) رنگ نمونه‌ها

Table 7- Effect of spirulina index (b*) of the samples

	نان Bread	کیک Cake	شیرینی لایه‌ای Layerd Sweets
شاهد Control	25.87 ±0.60^{Ab}	18.90 ±1.03^{Aa}	17.70 ±1.02^{Aa}
A	22.84±0.88^{Ac}	19.98±0.91^{Ab}	18.23±0.91^{Aa}
B	21.08±0.25^{Ab}	16.93±2.07^{Ba}	16.93±2.07^{Aa}
C	20.98±0.28^{BCc}	14.78±0.66^{Cb}	15.71±0.63^{Ba}
D	17.60±2.32^{Dc}	14.22±2.11^{Cb}	16.22±1.11^{Ba}
E	19.90±0.76^{Dc}	13.58±0.53^{Db}	14.55±0.56^{Ca}

حروف انگلیسی کوچک مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ردیف می‌باشد ($P<0.05$)

حروف انگلیسی بزرگ مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ستون می‌باشد ($P<0.05$)

Mean under the same column bearing different Lowercase letters are different significantly ($p < 0.05$).
Mean under the same row bearing different capital letters are different significantly ($p < 0.05$).

بنابراین نمونه شاهد نان از سفیدی بیشتری برخوردار و به همین دلیل در اثر افزودن ریزجلبک اپیرولینا تحت تأثیر بیشتری قرار می‌گیرد (جدول ۵). از طرف دیگر همانطوریکه در جدول ۶ و ۷ نشان داده شده است نمونه‌های شاهد کیک و شیرینی از شاخص سبزی و قرمزی بیشتری نسبت به نان برخوردار هستند. تایج به‌دست آمده در جدول‌های ۵، ۶ و ۷ نشان می‌دهد که در مقایسه با نمونه شاهد افزودن ریزجلبک اسپیرولینا موجب کاهش شاخص روشنی (L*) در هر سه محصول نان، کیک و شیرینی شده است. کاهش شاخص روشنی با افزایش شاخص های a* وb* همراه بوده و رنگ سبز در محصول قالب شده است. صالحی‌فر و همکاران (Salehfar *et al.*, 2013) نتیجه مشابهی را در پژوهش صورت گرفته روی تأثیر افزودن ریزجلبک اسپیرولینا روی کلوچه صنعتی بدست آوردند. آنها بیان کردند که افزودن اسپیرولینا به فرمول کلوچه صنعتی موجب کاهش معنی‌دار شاخص روشنی و ایجاد رنگ سبز در محصول شده است عامل ایجاد سبزی وجود رنگدانه‌های سبز و سبز- آبی کلروفیل و فیکوسیانین است که جایگزین بخشی از آرد گردید و فاکتور روشنی را در محصول کاهش داده‌اند (Salehfar *et al.*, 2013).

تغییرات سختی

سختی (Hardness) در نمونه‌های نان، کیک و شیرینی لایه‌ای در تیمارهای مختلف در جدول ۸ نشان داده شده است. مقایسه نمونه های شاهد سه محصول نشان داد که بیشترین سختی با۵۸,۴۲ نیوتن مربوط به شیرینی لایه‌ای پس از آن نان با ۱۲,۳۲ و کیک با ۱۰,۴۲ قرار دارد. همانطوری‌که در جدول دیده می‌شود افزودن پودر ریزجلبک اسپیرولینا باعث کاهش سختی در هر سه محصول در مقایسه با شاهد شده است. بیشترین کاهش سختی در محصول شیرینی لایه‌ای (از ۵۸,۴۲ به ۳۰)، پس از آن در نان (از ۱۲/۳۲ به ۷/۷۷) و کمترین کاهش مربوط به کیک (از ۱۰/۴۲ به ۸/۷۷) دیده شده است.

جدول ۸- تأثیر اسپیرولینا فاکتور سختی نمونه‌ها (نیوتن نیرو)

Table 8- Effect of spirulina hardness of the samples (Force N)

	نان Bread	کیک Cake	شیرینی لایه‌ای Layerd Sweets
شاهد Control	12.32 ±2.1^{Ac}	10.42 ±1.15^{Ab}	58.42 ±4.50^{Aa}
A	10.30±0.90^{Ab}	7.40±0.80^{Bb}	58.77±8.30^{Aa}
B	9.70±0.08^{Bc}	7.60±0.02^{Bb}	47.60±5.60^{Ba}
C	8.80±1.00^{Bb}	8.70±1.00^{Bb}	48.97±3.60^{Ba}
D	8.75±0.30^{Bc}	7.75±0.07^{Bb}	32.21±0.93^{Ca}
E	7.77±1.21^{Cc}	8.77±1.41^{Bb}	30.01±4.96^{Ca}

حروف انگلیسی کوچک مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ردیف می‌باشد ($P<0.05$)

حروف انگلیسی بزرگ مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نتایج در تیمارها در یک ستون می‌باشد ($P<0.05$)

Mean under the same column bearing different Lowercase letters are different significantly ($p < 0.05$).
Mean under the same row bearing different capital letters are different significantly ($p < 0.05$).

رفتار غیر یکسان افزودن اسپیرولینا در کاهش سختی در سه محصول به ترکیب مواد تشکیل دهنده آنها بستگی دارد. شهباز زاده و همکاران (Shahbazizade *et al.*, 2015) نتیجه مشابهی را در اثر افزودن اسپیرولینا به کلوچه گزارش کرده‌اند. در مطالعه دیگری توسط دنکا و روزن (Denka & Rosen, 2019) روی تأثیر افزودن پودر ریزجلبک اسپیرولینا روی سختی پودر نان (Bread crumb) گزارش شده است که افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به فرمول محصول باعث ایجاد نرمی در نمونه گردید و بیشترین نرمی تیمار حاوی ۴٪ اسپیرولینا مشاهده شد. مهمترین عوامل مؤثر بر بافت نمونه‌های مختلف محصول، میزان رطوبت و فعالیت آبی است که تا حد زیادی تحت تأثیر برهمکنش گروه‌های هیدروکسیل موجود در ماتریکس قرار دارند (Danesi *et al.*, 2010) ذرات بزرگ ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، موجب ایجاد گسستگی در شبکه خمیر و نرم شدن بافت محصولات می‌شوند. در پژوهشی که روی تؤثیر اسپیرولینا روی خواص حسی و بافت نان باگت انجام شد نتیجه مشابهی بدست آمده و دیده شد که سختی نمونه‌های نان باگت حاوی اسپیرولینا در مقایسه باشاهد کاهش یافته است (Sanjari *et al.*, 2018). کاهش سختی نمونه‌های حاوی اسپیرولینا می‌تواند به ترکیبات فیبری ریزجلبک نسبت داده شود. این ترکیب به وسیله جذب آب از خارج شدن رطوبت جلوگیری کرده و موجب نرم‌تر شدن محصول گردد (Nikouzad *et al.*, 2011). برخلاف سایر ریزجلبک‌ها، سلول‌های پروکاریوت *اسپیرولینا پلاتنسیس* فاقد دیواره سخت سلولی هستند که به جذب سریع آب توسط محتویات سلولی آن به‌خصوص پروتئین‌ها منجر می‌شود. در واقع مولکول‌های پروتئینی *اسپیرولینا پلاتنسیس* به سبب دارا بودن خاصیت آب‌دوستی بر سر جایگاه‌های اتصال با آب با مولکول‌های نشاسته به رقابت می پردازند (Batista *et al.*, 2010).

نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر شش تیمار از هر محصول نان، کیک و شیرینی لایه ای آماده شد که پنج تیمار آن حاوی ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ درصد ریزجلبک اسپیرولینا و یک تیمار نیز بدون ریزجلبک (بعنوان شاهد) در نظر گرفته شد. نتایج ارزیابی حسی (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) نشان داد که بجز فاکتور طعم و بو در تیمار ۱/۲۵ درصد نان، مابقی تیمارها در هر سه محصول از امتیاز پذیرش قابل قبول (بالای ۵۰ درصد) برخوردار بوده‌اند. همچنین در مقایسه بین سه محصول نان از امتیاز حسی کمتری برخوردار بوده است. امتیاز بالاتر کیک و شیرینی نسبت به نان را می‌توان به وجود برخی طعم‌دهنده که در این محصولات بکار رفته و طعم خاص ریزجلبک را تحت‌الشعاع قرار می دهد ارتباط داد (جدول ۲). باتوجه به بو و طعم خاص اسپیرولینا که ممکن است برای برخی افراد قابل پذیرش نباشد افزودن این ریزجلبک به محصولاتی که در تولید آنها طعم‌دهنده استفاده می‌گردد بیشتر قابل توصیه است. همچنین از نقطه نظر رنگ، اسپیرولینا بعنوان رنگ دهنده طبیعی در محصولاتی که سابقه تولید و حضور در بازار به رنگ سبز را دارند و همچنین بعنوان جایگزین رنگ طبیعی با رنگ مصنوعی قابل استفاده است. بررسی مقدار سختی تیمارها در سه محصول با دستگاه آنالیز بافت (Texture Analayzer) نیز نشان دادکه افزودن ریزجلبک اسپیرولینا باعث کاهش سختی و نرم‌تر شده محصول می‌گردد. همچنین نتایج نشان داد که مقدار پروتئین در تیمارهای مختلف سه محصول در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۲). این افزایش بعلت وجود مقدار قابل توجه پروتئین (۶۷٫۹۷ درصد) در اسپیرولینا است. ریزجلبک اسپیرولینا اساسا بعنوان یک ماده غذائی با مقدار پروتئین بالا شناخته شده است. بنابراین افزودن این جلبک می‌تواند بعنوان یک غنی‌کننده با هدف افزایش پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. همچنین افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به مواد تشکیل‌دهنده موجب افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) مقدار آهن در تیمارها در مقایسه با شاهد شده است. این افزایش به دلیل مقدار بالای آهن (۲۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) در اسپیرولینا بوده است. بنابراین از ریزجلبک اسپیرولینا با درصدهای فوق می‌توان بعنوان رنگ‌دهنده طبیعی، بهبود دهنده بافت، افزایش مقدار پروتئین و آهن در محصولات مورد بررسی استفاده کرد. اما با توجه به نتایج ارزیابی حسی افزودن ۱/۲۵ درصد اسپیرولینا به محصول نان که عامل دریافت امتیاز کمتر در شاخص‌های طعم و بو نسبت به دو محصول کیک و شیرینی بوده است توصیه نمی‌گردد.

سپاسگزاری

از شرکت نان سحر که شرایط اجرای این پروژه تحقیقاتی را فراهم کردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. AOAC Official Method 999.11. (2006). Determination of lead, cadmium, copper, iron, and zinc in foods atomic absorption spectrophotometry after dry ashing first Action 1999.
2. AOAC. (2002). *Association of Official Analytical Chemists*, 16 Edition, Washington.

3. Batista, A.P., Raymundo, A., Bandarra, N.M., Sousa, I., Empis, J., & Gouveia L. (2010). *Healthier food products with naturally encapsulated functional ingredients–microalgae*. 2nd International Conference on Food Innovation, Valencia, October 25-29.
4. Beheshtipour, H., Haratian, P., Mortazavian, A.M., & Khosravi-Darani, K. (2012). Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology, 235,* 719–728. https://doi.org/10.1007/s00217-012-1798-4
5. Ciferri, O., & Tiboni, O. (1985). The biochemistry and industrial potential of Spirulina. *Annual Review of Microbiology, 39,* 503-26. https://doi.org/10.1146/annurev.mi.39.100185.002443
6. Danesi, E., Navacchi, M., Takeuchi, K., Frata, M., Carlos, J., & Carvalho, M. (2010). Application of *Spirulina platensis* in protein enrichment of Manico based bakery products. *Journal Biotechnology,* 150(311), DC, USA.
7. Denka, Z., & Rosen, C. (2019). Effect of *Spirulina platensis* on the crumb firming of wheat bread during storage. *Food Technology*, 851-859. https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-4-15
8. Fradique, M., Batista, A., Nunes, M., Gouveia, L., Bandarra, N., & Raymundo A. (2010). Incorporation *of Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 90*(10), 1656–64. https://doi.org/10.1002/jsfa.3999
9. Hoseini, S.M., Khosravi-Darani, K,. & Mozafari, M.R. (2013). Nutritional and medical applications of spirulina microalgae. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 13,* 1231-1237. https://doi.org/10.2174/1389557511313080009
10. Gouvei, L., Raymundo, A., Batista, A., Sousa, I., & Empis, J. (*2005). Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as colouring and antioxidant in food emulsions. *European Food Research and Technology, 8,* 433-436. https://doi.org/10.1007/s00217-005-0105-z
11. Mamathaa, B.S., Namithab, K.K., Amudha, S., Smithac, J.G.A., & Ravishankar, G.A. (2007). Studies on use of Enteromorpha in snack food. *Food Chemistry, 101,* 1707–1713. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.032
12. Maria, C.M., Francesca, Cuomo, L., Falasca, M., Carmela, T., Elisa De, A., & Emanuele, M. (2021). Nutritional and technological quality of high protein Pasta. *Foods, 10*(589), 1-11. https://doi.org/10.3390/foods10030589
13. Mostolizade, S., Moradi, Y., Mortazavi, M.S., Motalbi, A.A., & Ghaeni, M. (2020). Effects of incorporation *Spirulina platensis* (Gomont, 1892) powder in wheat flour on chemical, microbial and sensory properties of pasta. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19*(1), 410-420. https://doi.org/10.22092/ijfs.2019.119107
14. Nikouzad, H.T.A., & Azizi, M .(2011). Effect of adding oat bran on rheological properties of bread and quality of Sangak bread. *Iranian Journal of Food Science and Technology, 8*(1), 1-10.
15. Powell, R., Nevels, E., & McDowell, M. (2011). Algae Feeding in Human. *Journal Nutrition, 75,* 7-12. https://doi.org/10.1093/jn/75.1.7
16. Prabhasankar, P., Ganesan, P., & Bhaskar, N. (2009). Influence of Indian brown seaweed (*Sargassum marginatum*) as an ingredient on quality, biofunctional and microstructure characteristics of pasta. *Food Science and Technology International*. https://doi.org/10.1177/1082013209350267
17. Rafael, G., Tyri, V., Kolbrun, S., & Helgi, T. (2004). Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, color and fat of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Journal of Food Quality and Preference, 15*, 177-185. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00056-9
18. Salehifar, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani Hosravi-Darani, K., Behmadi, H., & Ferdowsi, R. (2013). Possibility of using microalgae *Spirulina platensis* powder in industrial production of Iranian traditional cookies. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, *7*, 63-72.
19. Sanjari, S., Sarhadi, H., & Shahdadi, F. (2018). Investigating the effect of *Spirulina platensis* microalgae on textural and sensory properties of baguette bread. *Journal of Nutrition and Food Security (JNFS*), *4*, 218-225.